

Научная статья  
УДК 811.51  
doi: 10.17223/19986645/88/5

## Язычные носовые согласные алтайского языка (результаты электропалатографического и ультразвукового исследования)

Татьяна Раисовна Рыжикова<sup>1</sup>, Тимофей Владимирович Тимкин<sup>2</sup>,  
Альбина Альбертовна Добрынина<sup>3</sup>

*<sup>1, 2, 3</sup> Институт филологии СО РАН, Новосибирск, Россия*

*<sup>1</sup> tanya12@mail.ru*

*<sup>2</sup> timkin@yandex.ru*

*<sup>3</sup> ekinur@mail.ru*

**Аннотация.** Представлены новейшие экспериментальные данные по язычным носовым согласным алтайского языка, полученные методами электропалатографии и УЗИ-визуализации. На электропалатограммах и УЗИ-изображениях четко видно разницу между переднеязычными [n] и [n'], среднеязычным [ŋ] и заднеязычным [ŋ]. Результаты исследования сопоставляются с материалами М.Ч. Чумакаевой, полученными объективными экспериментально-фонетическими методами 50 лет назад, и хорошо согласуются с ними.

**Ключевые слова:** фонетика, алтайский язык, консонантизм, электропалатография, УЗИ-шлем, EMU, R

**Благодарности:** работа выполнена в рамках проекта Института филологии СО РАН «Культурные универсалии вербальных традиций народов Сибири и Дальнего Востока: фольклор, литература, язык» по гранту Правительства РФ для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых (соглашение № 075-15-2019-1884).

**Для цитирования:** Рыжикова Т.Р., Тимкин Т.В., Добрынина А.А. Язычные носовые согласные алтайского языка (результаты электропалатографического и ультразвукового исследования) // Вестник Томского государственного университета. Филология. 2024. № 88. С. 92–110. doi: 10.17223/19986645/88/5

Original article

doi: 10.17223/19986645/88/5

## Lingual nasal consonants of the Altai language (results of electropalatographic and ultrasound research)

Tatiana R. Ryzhikova<sup>1</sup>, Timofey V. Timkin<sup>2</sup>, Albina A. Dobrynina<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> *Institute of Philology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation*

<sup>1</sup> *tanya12@mail.ru*

<sup>2</sup> *ttimkin@yandex.ru*

<sup>3</sup> *ekinur@mail.ru*

**Abstract.** The article studies nasal consonants in the Altai language on the basis of ultrasound visualization and electropalatography. Altai consonantism was previously studied by M. Ch. Chumakayeva using such traditional methods as radiography and dentopalatography. According to these data, three nasal consonant phonemes were distinguished in the language: forelingual /n/, midiolingual /ɲ/ and backlingual /ŋ/. The technical limitations of traditional methods motivate the new research. Our experiment was conducted with one subject – a native speaker of the Altai language. The stimuli were isolated word forms pronounced three times with the intonation of enumeration. The ultrasound examination was performed using an ultrasound helmet manufactured by Articulate Instruments and data obtained were processed Articulate Assistant Advanced software. This technology allows one to see the profile and movement of the tongue in the oral cavity during pronunciation and assess the nature of articulation. Electropalatography was performed using Rose Medical equipment and material recorded was analyzed using icSpeech Professional software. An artificial silicone palate, which is manufactured individually for each subject and includes 62 electrical probes, was placed on the speaker's hard palate and used to determine the points of contact of the tongue with the palate during articulation. The segmentation of the material was carried out in the Praat program, the EMU-SDMS corpus system was used to combine the results of the experiment into a single database. Statistical calculations and plotting were performed using the R programming language. The applied techniques have the following advantages in comparison with the traditional methods: (1) the sounds under study are isolated from a single phonetic word, which makes it possible to describe them in more natural conditions compared to the isolated pronunciation; (2) the used tools automatically measure key parameters at the recording stage, which allows operating not with fragmented recordings, but with mean values and ranges of variability. To describe articulation, we introduced a number of metrics: the coefficients of dental-alveolar, palatal, velar contacts, the point of maximum narrowing in the oral cavity, the point of maximum tongue elevation. The analysis of these metrics makes it possible to distinguish the following nasal consonants in the Altai language: [n] – forelingual dental-alveolar velarized allophone of the phoneme /n/ in words with back row vowels; [n'] (IPA sign [n̟]) – forelingual dental-alveolar palatalized realization of the phoneme /n/ in words with front row vowels; [ɲ] – midiolingual mediopalatal allophone of /ɲ/; [ŋ] (IPA sign [ŋ]) – interlingual backpalatal realization of /ŋ/ in words with front row vowels; [ŋ] (IPA sign [ŋ]) – backlingual uvular allophone of phoneme /ŋ/ in words with back row vowels. The results obtained are in good agreement with M. Ch. Chumakayeva's data.

**Keywords:** phonetics, Altai language, consonantism, electropalatography, ultrasound helmet, EMU, R

**Acknowledgments:** The work is part of the project of the Institute of Philology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences “Cultural universals of verbal traditions of the peoples of Siberia and the Far East: folklore, literature, language” supported by a grant from the Government of the Russian Federation for the promotion of research conducted under the guidance of leading scientists, contract No. 075-15-2019-1884.

**For citation:** Ryzhikova, T.R., Timkin, T.V. & Dobrynina, A.A. (2024) Lingual nasal consonants of the Altai language (results of electropalatographic and ultrasound research). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Filologiya – Tomsk State University Journal of Philology*. 88. pp. 92–110. (In Russian). doi: 10.17223/19986645/88/5

Алтайский язык – тюркский язык коренного населения Неспублики Алтай. В основе литературного языка лежит диалект алтай-кижи.

Консонантная система алтайского литературного языка была изучена экспериментально-фонетическими методами М.Ч. Чумакаевой [1]. Она выявила инвентарь согласных фонем, а также установила основные конститутивно-дифференциальные признаки, структурирующие систему.

Цель данной статьи – исследование алтайских носовых согласных звуков методами электропалатографирования и ультразвуковой визуализации и сопоставление полученных результатов с данными М.Ч. Чумакаевой. Актуальность работы обусловлена тем, что язык как динамическая система находится в процессе постоянного развития, а использование современных методов позволяет не только получить достоверные синхронные данные, но и верифицировать их на аналогичном материале исследований, выполненных 50 лет назад.

М.Ч. Чумакаева использовала комплексную методику, разработанную в Лаборатории экспериментально-фонетических исследований под руководством В.М. Надеяева, которая включала следующие объективные методы: кимографирование, статичную палатографию (частично дентопалатографирование), статичное рентгенографирование, осциллографирование [1. С. 18]. Для нашей работы особый интерес представляют палатограммы и дентопалатограммы алтайских носовых согласных.

Экспериментальная фонетика давно пользуется методом палатограмм [2–6], при котором для испытуемого изготавливается из тонкой целлюлоидной пластинки (или из какого-либо другого тонкого материала) искусственное нёбо, плотно прилегающее к твёрдому нёбу. Посыпанное тальком искусственное нёбо вкладывают испытуемому в рот и предлагают произнести соответствующий звук либо изолированно, либо в слоге или слове. На вынудом после произнесения слова искусственном нёбе тальк в тех местах, где язык прикасался к нёбу, окажется слезанным. Полученный рисунок переносят на проекцию искусственного нёба или фотографируют, в результате чего получается палатограмма (рис. 1).

Для того чтобы получить сведения о прикосновении языка не только к нёбу, но и к зубам (к их задней поверхности), соответственно увеличивают

размеры искусственного нёба. Для анализа положения кончика языка его прикосновения к задней стенке передних нижних зубов фиксируются на специальной пластинке, надеваемой на эти зубы. Тогда дополнительно к палатограмме можно получить и одонтограмму [2. С. 25].

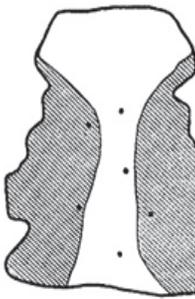


Рис. 1. Палатограмма

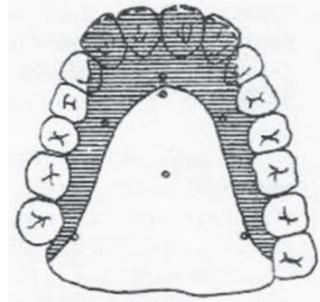


Рис. 2. Дентопалатограмма

Ранее применялся метод прямого палатографирования при помощи фотографирующего устройства. При прямом палатографировании язык окрашивали водным раствором карболена. После произнесения испытуемым исследуемого звука в рот ему вставлялось специальное зеркало, отражаемое в нём нёбо со следами от прикосновения к нему языка снималось фотоаппаратом.

Из сказанного видно, во-первых, что метод палатограмм может быть использован только для изучения артикуляции согласных, при произнесении которых участвует язык, и гласных высокого подъёма; во-вторых, что на палатограмме фиксируется непосредственно только место (т.е. пассивный орган) и отчасти способ артикуляции. Экспериментатор должен обладать большим опытом, чтобы по месту расположения, а также по конфигурации следа, оставленного языком на искусственном нёбе, определить, какая именно часть языка участвовала в артикуляции.

Описанные методы палатографии являются статичными. Ю.И. Кузьмин предложил метод динамической палатографии. Особенность его заключается в том, что в разные части искусственного нёба попарно впаиваются электроды, от которых лёгкие провода протянуты к писчикам осциллографа. При прикосновении языка к соответствующей паре электродов ток замыкается и писчик отклоняется от нулевой линии; по отклонениям на той или иной кривой можно сделать заключение о том, в какой части нёба происходило прикосновение языка в каждый момент произнесения заданного отрезка речи [2. С. 26].

В.М. Наделяев усовершенствовал традиционный метод палатографирования и увеличил рабочую площадь искусственного нёба за счёт подключения лингвальной поверхности верхних резцов и клыков. Это дает возможность фиксировать на искусственном нёбе, следовательно на палатограмме, контур контактирующего с верхними резцами кончика языка или проециро-

вать на палатограмму методом апексметрии условный контур неконтактирующего кончика языка – в обоих случаях это очень важный индицирующий признак в артикуляционных настройках звуков, существенно помогающий выявлять в них реальные объемные конфигурации и локализацию корпуса языка в полости рта. Таким образом, обязательным в дентопалатографировании является контурная обрисовка проекций всех наличных верхних зубов на контурных заготовках палатограмм, особенно контурная обрисовка проекций верхних резцов и клыков, что и обусловило терминологическое наименование данной разновидности палатографирования как дентопалатографирования и, соответственно, название таких палатограмм – дентопалатограммы. Обязательным в дентопалатографировании является также маркирование искусственного нёба семью дырочками-маячками, расположенными на искусственном нёбе строго по обязательной схеме (рис. 2); такая обязательная стандартная маркировка искусственного нёба служит надёжной опорой для выявления инвариантных настроечных характеристик дистрибутивно одинаковых аллофонов одной и той же фонемы при сравнительном анализе их дентопалатограмм по одному диктору и по всем привлеченным к эксперименту дикторам – носителям исследуемого языка (диалекта) [7. С. 7–8]. В статье «Палатографирование (Методические заметки)» В.М. Наделяев подробно описывает как методику изготовления искусственного нёба, так и подготовку шаблонов для переноса оттисков с искусственного нёба на дентопалатограммы, а также рекомендации по составлению программы дентопалатографирования [7. С. 3–38].

Как видно, идея динамического палатографирования и первые попытки его использования относятся к 1960-м гг. [8]. В процессе развития компьютерных технологий и новых материалов появилась методика электропалатографирования (ЭПГ, EPG) – метод, который позволяет записывать положение и время контакта между языком и твёрдым нёбом во время произнесения речи. Ключевым аспектом ЭПГ является использование искусственного нёба, которое представляет собой специально изготовленное устройство, используемое для сбора данных. Оно состоит из последовательности контактов (вкл / выкл) для сетки электродов, распределенных определенным образом по нёбу [9]. Искусственное нёбо (рис. 3) изготавливается на заказ так, чтобы оно хорошо прилегало к твёрдому нёбу говорящего, путем получения гипсового слепка верхней челюсти (рис. 4).

Синхронизированные данные ЭПГ записываются в отдельный файл. Как только контакт регистрируется электродом, электрический сигнал отправляется на внешний блок обработки и графическое отображение схемы возбуждения электрода фиксируется либо на бумаге, либо на экране (рис. 5) [10].

Когда *электропалатограммы* показываются на экране, они обеспечивают динамическую визуальную обратную связь в реальном времени, оповещая о местоположении и времени контакта языка с твёрдым нёбом.

Очень часто метод ЭПГ используется при оценке и лечении различных речевых расстройств, в том числе связанных с нарушением слуха, расщелиной нёба, синдромом Дауна и др. у взрослых и детей [10].

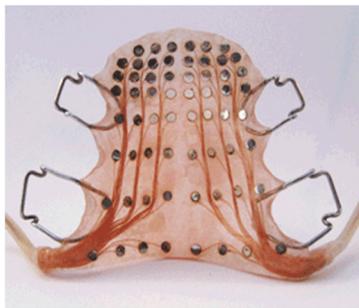


Рис. 3. Искусственное нёбо с электродами

Рис. 4. Гипсовый слепок твёрдого нёба

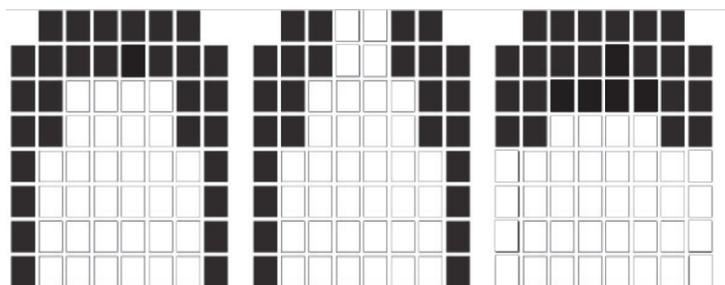


Рис. 5. Пример электропалатограммы

В экспериментальной фонетике этот метод применяется для изучения паттернов контакта языка и нёба для различных наборов гласных и согласных.

Ультразвуковая визуализация используется в фонетических исследованиях начиная с 1969 г. (см., например, [11–13]). При помощи ультразвука проводятся наблюдения за положением спинки языка в реальном времени и в динамике. В современных УЗИ-шлемах используются микроконвексные УЗИ-датчики, которые располагаются в области шеи и дают двухмерное изображение поверхности языка. Из-за особенностей распространения ультразвуковых волн в разных средах невозможно визуализировать некоторые органы, например твёрдое нёбо, нижнюю челюсть, заднюю стенку фаринкса [14].

Основной проблемой фонетических УЗИ-исследований является постобработка полученных изображений. В настоящее время нет общепринятой методики расшифровки УЗИ-данных артикуляций, поэтому каждый исследователь разрабатывает свою.

### Методика исследования

При исследовании алтайский носовых согласных применялась комплексная методика, включающая ЭПГ и УЗИ-визуализацию.

Электропалатограммы записывались на приборе *LinguaGraph* производства *Medical Rose Solution company* [15]. Для диктора – носителя диалекта алтай-кижи (женщина, 1978 г.р., образование высшее, родной язык – усть-канский говор диалекта алтай-кижи, русским языком владеет со школы, равное двуязычие) было изготовлено искусственное нёбо со встроенными в него 62 электродами, расположенными особым образом [16, 17].

После того как диктор установил искусственное нёбо и потренировался в произнесении слов, чтобы убедиться в правильности настройки звуков, ему была представлена программа из ряда алтайских стимулов с носовыми согласными в разном фонетическом окружении. Программа составлялась в соответствии с работой М.Ч. Чумакаевой [1] с некоторыми дополнениями и включала 125 исконных лексем алтайского литературного языка. Анкета записывалась отдельно для УЗИ и ЭПГ в течение нескольких сессий. Для контроля произношения проводилась повторная запись программы. Испытуемый произносил каждый стимул по три раза с интонацией перечисления. Изучались отдельные слова, а не связанная речь. Электропалатограммы визуализировались в *LinguaView 3D* [15]. Производилась синхронная аудиозапись при помощи микрофона *RødesmartLav*. Акустический материал аннотировался вручную в программе *Praat* [18]. Размеченные файлы размещались в базе данных EMU, а их статистическая обработка выполнялась в среде R [19].

Ультразвуковая часть исследования проводилась при помощи экспериментальной установки производства *ArticulateInstruments* [20], которая состоит из жесткого каркаса и УЗИ-датчика *TelmedMicrUS*. Каркас настраивается под размер головы информанта при помощи раздвижных сочленений и закрепляется на голове диктора эластичными ремешками. Расположенная на шлеме миниатюрная видеокамера направляется на губы диктора и снимает их с бокового ракурса. УЗИ-датчик фиксируется специальным зажимом в области между подбородком и горлом диктора и сканирует сагиттальный срез нижней части головы, захватывая язык и ротовую полость испытуемого. Конструкция шлема и крепления гарантируют полную неподвижность прибора относительно головы информанта, что обеспечивает единство системы координат для всех снимков в течение сессии и сопоставимость результатов.

На ноутбук проводилась синхронная запись звуковой дорожки, видеоизображения губ и артикуляции при помощи программы *ArticulateAssistantAdvanced (AAA)* [21]. Речь информанта записывалась на микрофон *RødesmartLav* и звуковую карту *FocusriteScarlett* с последующей автоматической оцифровкой полученных данных.

Диктору давались русскоязычные стимулы с заданными носовыми звуками в разных позициях, которые он произносил трехкратно. Обработка материалов выполнялась в программе *ArticulateAssistantAdvanced*. Полученные результаты были объединены в базу данных; для статистической обработки и визуализации результатов использовался язык программирования

R. Подробное описание методики расшифровки данных УЗИ-визуализации представлено в [22].

### Результаты исследования и обсуждение

В ходе экспериментально-фонетического исследования консонантизма алтай-кижи М.Ч. Чумакаева выделила следующие язычные носовые фонемы.

Фонема /п/ – согласная малошумная носовая переднеязычная. Встречается во всех позициях слова и в различных сочетаниях, с любыми сингармоничными гласными. При мягкорядной настройке дополнительным активным органом является средняя часть спинки языка [1. С. 150].

Фонема /п/ – согласная малошумная носовая среднеязычная. Употребляется только в начальной позиции [п]V= в словоформах с лексической основой *не-*. Активный орган – средняя часть спинки языка с прилегающей к ней передней частью [1. С. 153].

Фонема /п/ – согласная малошумная носовая заднеязычно-увулярная. Встречается в середине и в абсолютном исходе слова, в начале слова не употребляется. В позициях =V[п]V=, =V[п] фонема /п/ сочетается с любыми сингармоничными гласными. Оттенки фонемы /п/ имеют одну основную настройку – заднеязычную, заднеязычные оттенки употребляются и в мягкорядных и в твёрдорядных словах, факультативно в твёрдорядных словах может употребляться увулярный оттенок «п» [1. С. 165].

По данным нашего исследования можно выделить 5 н-образных артикуляторных настроек: [п], [п'], [п], [п], [п]. На рис. 6 показаны обобщенные электропалатограммы выделенных звуков, усредненные по трем произнесениям.

Электропалатограмма представляет собой матрицу из 62 точек, соответствующих контактам на искусственном нёбе. График ориентирован так, что верхний ряд соотносится с передненёбной зоной, нижний ряд – с задненёбной. Восьмой ряд контактов расположен на границе верхних зубов и альвеол, седьмой соответствует гребню альвеол, шестой – граница лингвального склона альвеол и твёрдого нёба, пятый и четвёртый – первая половина твёрдого нёба, третий – середина твёрдого нёба, второй и первый – вторая половина твёрдого нёба. Нумерация выполняется автоматически программой. Точка белого цвета обозначает контакт, который при произнесении данного звука никогда не оказывается замкнутым, точка черного цвета – контакт, который всегда замыкается при данной артикуляции. Оттенками серого показаны зоны факультативного контакта: чем темнее оттенок, тем выше частотность замыкания в данной точке.

Для оценки характера артикуляции и меры его вариативности мы вводим специальные язычные индексы: дентально-альвеолярный, палатальный, веллярный. Каждый индекс представляет собой сумму коэффициентов контактов в определенной зоне, имеющих значение от 0 до 1 в зависимости от частотности его замыкания. Коэффициенты вычисляются отдельно для трех зон: дентально-альвеолярная охватывает первые два ряда контактов (7–8),

палатальная – следующие три ряда (4–6), веллярная – последние три ряда (1–3). Средние значения коэффициентов приведены в табл. 1.

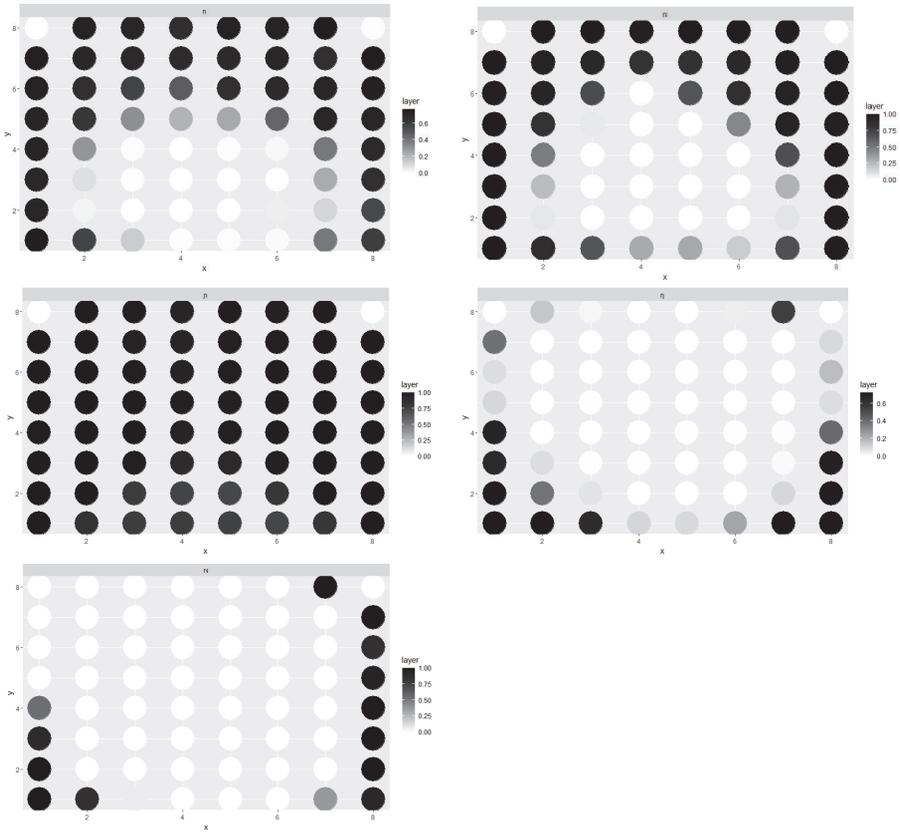


Рис. 6. Обобщенные электропалатограммы произнесений аллофонов [n], [n'], [ɲ], [ŋ], [N]<sup>1</sup>

Таблица 1

**Средние значения индексов контакта по зонам**

Звук	Дентально-альвеолярный индекс	Палатальный индекс	Веллярный индекс
n (n)	20,15	10,02	5,17
n' (n')	19,45	9,85	7,06
ɲ (ɲ)	21,59	23,56	11,89
ŋ (ŋ)	2,01	3,97	8,46
Ņ (Ņ)	2,86	4,42	5,25

<sup>1</sup> В статье транскрипция словоформ выполнена по стандартам УУФТ [23], однако в программах для разметки используется стандарт МФА [24], в связи с чем возникают расхождения в записи. Далее представлена система корреляций знаков УУФТ и МФА: [n] ~ [n], [n'] ~ [n'], [ɲ] ~ [ɲ], [ŋ] ~ [ŋ], [N] ~ [N].

На рис. 7 представлен разброс средних значений индекса по всем произнесениям диктора. Каждый символ на графике обозначает отдельное произнесение соответствующего звука, для удобства восприятия разные звуки окрашены разным цветом. Положение символа на графике характеризует два индекса из трех: дентально-альвеолярный и палатальный на верхнем графике, дентально-альвеолярный и веллярный – на нижнем.

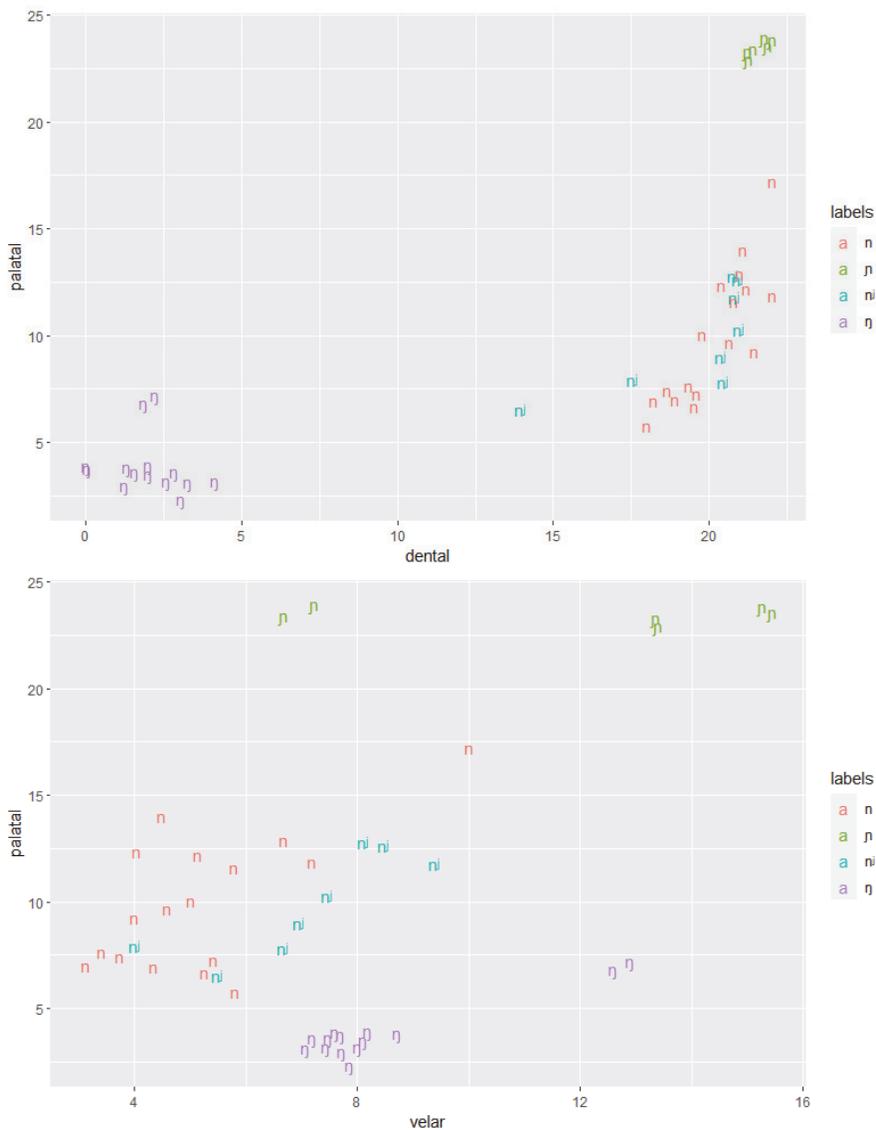


Рис. 7. Разброс значений индексов контакта в базе исследования

Перейдем к данным, полученным по итогам ультразвукового исследования. На рис. 8 показаны обобщенные изображения контуров спинки языка по результатам всех произнесений анализируемых звуков. Контурные расположены в сагиттальной проекции так, что лицо диктора обращено влево. Отметки на осях соответствуют условным единицам в координатном пространстве УЗИ-шлема.

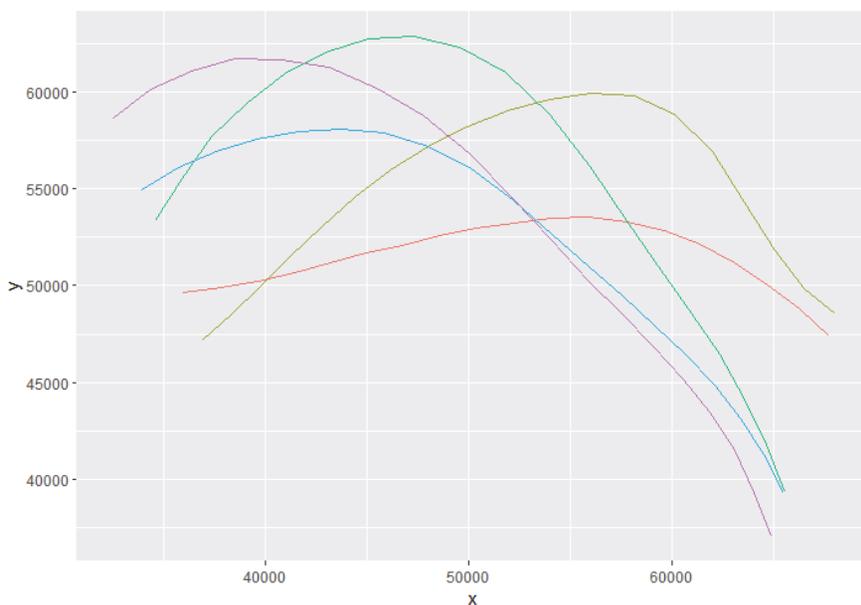


Рис. 8. Обобщенные контуры спинки языка носовых согласных по данным УЗИ<sup>1</sup>

Для оценки места артикуляции по данным УЗИ мы определяем место максимального сужения, которое вычисляется как точка, имеющая наименьшее расстояние до ближайшей точки нёбного свода (нёбный свод на УЗИ-изображениях не наблюдается; для вычислений нёбо реконструируется по наивысшему возможному положению языка). Данный параметр позволяет определить вектор подъема языка к пассивному артикулятору, но оказывается недостаточным для разграничения всех согласных. При произнесении звука [n], который в данной выборке имеет веляризованный характер, место максимального сужения находится на границе рабочего поля прибора УЗИ, таким образом, по результатам измерения максимальное сужение может обнаруживаться в задненёбной области – в фокусе дополнительной артикуляции. По этой причине для лучшего разграничения фонем вводится еще один признак: максимальный подъем спинки языка, вычисляющийся

<sup>1</sup> [n] – красный контур, [nʲ] – синий контур, [ŋ] – фиолетовый контур, [ŋ̞] – зеленый контур [N] – коричневый контур.

как вертикальная координата наивысшей точки языка при произнесении звука.

В табл. 2 приводятся значения описанных выше метрик, характерные для исследуемых звуков. С учетом угла обзора прибора точки, отображающие контур спинки языка, пронумерованы числами от 8 до 28, при этом кончик языка расположен в зоне 8–13, передняя часть спинки – в зоне 13–18, средняя часть спинки – в зоне 18–23, наконец, задняя часть спинки – в области 23–28.

Таблица 2

Индексы максимального сужения и максимального подъема спинки языка

Аллофон	Передняя точка зоны реализации	Задняя точка зоны реализации	Средняя вертикальная координата наивысшей точки
n (n)	9	27	53900
n' (n')	9	20	58230
ɲ (ɲ)	12	14	61800
ɳ (ɳ)	15	22	63240
ŋ (ŋ)	23	25	60000

Покажем разброс данных параметров в выборке на рис. 9. Символы на графике обозначают каждое отдельное произнесение соответствующего звука. Для удобства восприятия разные звуки обозначены разным цветом. По горизонтальной оси отложена точка максимального сужения, нумерация точек совпадает с указанной выше. Положение точки по вертикали показывает наивысший подъем спинки языка.

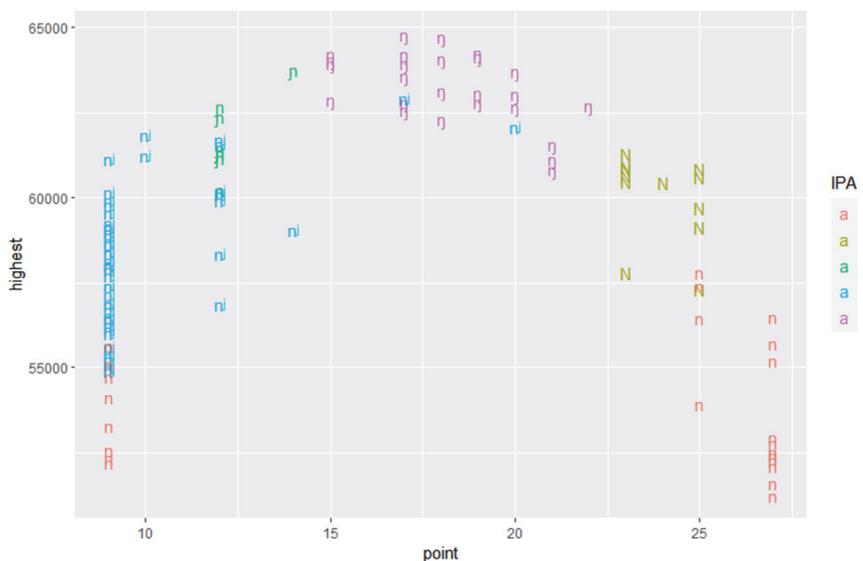


Рис. 9. Разброс значения точки максимального сужения и максимального подъема в выборке

Охарактеризуем выделенные звуки по указанным метрикам.

Звук [n] выявлен в лексемах *оны* ‘его’, *ажан* ‘ешь’, *јон* ‘народ’, *јун* ‘мыть’, *тун* ‘глохнуть’, *нак* ‘дружный’, *ныкы* ‘надавливать’, *јоны* ‘народ=его’ и является реализацией фонемы /n/ в твёрдорядных словоформах. По данным ЭПГ, язык касается нёба в области 7–8-го контактных рядов<sup>1</sup>, что соответствует дентально-альвеолярной зоне артикуляции. Для этого звука зона артикуляции вариативно может захватывать ряды 5–6. Таким образом, дентально-альвеолярный индекс составляет в среднем 20,15 единицы (см. табл. 1) с разбросом значений 17–25 единиц. Палатальный индекс равен 10,02 единицы с разбросом 2–7 единиц. Контакт в задне-нёбной области минимален, наблюдается только в боковых рядах, что свидетельствует о возможном сагиттальном прогибе спинки языка.

По данным УЗИ, [n] (рис. 8) имеет контур, при котором кончик языка опускается к нижним зубам, а задняя часть спинки языка незначительно поднимается к мягкому нёбу. Таким образом, выборка произнесений [n] делится на две группы: одна отличается расположением наименьшего сужения в точке 8, что соответствует переднеязычному дентально-альвеолярному фокусу; другая лежит в области точек 25–27, что вызвано наличием дополнительного фокуса сужения в области границы твёрдого и мягкого нёба. Во втором случае программа для статистического анализа данных интерпретирует сужение в области границы твёрдого и мягкого нёба как основную артикуляцию, а не как дополнительную, в данном случае – веляризацию.

Обе группы характеризуются одинаковым значением наивысшего подъема в 54 тыс. единиц с разбросом 52–57 тысяч единиц. В то же время этот параметр показательно противопоставляет реализации фона [n] другим звукам.

Звук [n'] ([n']) записан в лексемах *тебене* ‘большая игла’, *јин* ‘содержимое кишок’, *кин* ‘пупок’, *нөкөр* ‘друг’, *эне* ‘мама’, *өднi* ‘лоскутки’, *күн* ‘день’, *мүн* ‘бульон’, *мин* ‘сесть на коня’, *јун* ‘мыть’, *көжүне* ‘ревень’, *јeбрен* ‘древний’ и является палатализованным аллофоном фонемы /n/. По данным ЭПГ, отмечается контакт передней части спинки языка с дентально-альвеолярной зоной твёрдого нёба в области 7–8. Дентально-альвеолярный индекс равен 19,45 с разбросом 13–22 единицы; палатальный 9,85 с разбросом 6–12 единиц; велярный 7,06 с разбросом 4–9. На электропалатограммах видно, что область контакта языка и твёрдого нёба больше у непалатализованного [n], что идет вразрез с общепринятым положением, что палатализованные и/или напряженные звуки имеют большую площадь контакта на палатограммах. Вероятно, это обусловлено тем, что палатализованный звук менее напряжённый, а дополнительная артикуляция не влияет на зону контакта.

<sup>1</sup> Из-за технических особенностей программного обеспечения прибора ЭПГ на электропалатограммах нумерация контактных рядов начинается от границы мягкого и твёрдого нёба вопреки традиции проводить метрические вычисления от зубов (см. об этом выше).

По данным УЗИ (рис. 9) видно, что контур спинки языка выгибается по направлению к альвеоло-палатальной зоне. Местом максимального сужения для большинства реализаций является точка 8, соответствующая дентально-альвеолярному фокусу, как и для реализаций [n], но по параметру наивысшего подъема звук [n'] ([n']) значительно отличается от [n] и имеет среднее значение 58,2 тыс. единиц с разбросом 55–62 тыс. единиц. Отдельные произнесения фонем могут иметь точку максимального сужения дальше от зубов – в зоне 9–12, что соответствует альвеолярно-переднетвёрдонёбной области. В единичных случаях артикуляции звука [n'] ([n']) находятся еще дальше, фактически в зоне реализации [ɲ], [ɲ] ([ɲ]), но отличаются от них меньшим значением максимального подъема.

Звук [ɲ] репрезентирует среднеязычную фонему /ɲ/, которая имеет ограниченное употребление и реализуется только в местоименном корне и была записана в лексемах *не* ‘что?’, *неме* ‘нечто?’, *немелер* ‘что-то’.

По данным ЭПГ (рис. 6), при произнесении этого звука образуется обширная область контакта языка и твёрдого нёба, охватывающая точки 4–8, т.е. дентально-альвеолярную и переднетвёрдонёбную области, а факультативно – также и более глубокую, заднетвёрдонёбную зону (1–3). Дентально-альвеолярный индекс при этом составляет 21,56 с разбросом 18–22 единицы, палатальный индекс – 23,56 с разбросом 22–24 единицы. Велярный индекс равен 11,89 с разбросом 11–13. Как можно убедиться, дентально-альвеолярный индекс для [ɲ] находится в тех же пределах, что и для [n], однако палатальный индекс способствует их различению (у [ɲ] он больше).

По данным УЗИ (рис. 8) мы видим типичный контур с подъемом средней части спинки языка к твёрдому нёбу. Такая форма профиля похожа на контур [n'] ([n']), но отличается более выраженным подъемом. Максимальное сужение, а скорее всего смычка с твёрдым нёбом, приходится на точки 12–14, что соответствует передне-среднеязычной области и отличает звук от большей части произнесений [n'] ([n']). От тех отдельных реализаций [n'] ([n']), которые имеют альвеолярный фокус, [ɲ] отличается большим подъемом – 61,8 тыс. единиц.

Аллофон [ɲ] ([ɲ]) является реализацией фонемы /ɲ/ в мягкорядных словоформах и был записан в лексемах *өлөн* ‘трава’, *өлөнги* ‘трава=его’, *эн* ‘самый’, *јен* ‘рукав’, *јенги* ‘рукав=его’, *төн* ‘бугор’, *төнги* ‘бугор=его’, *мен* ‘родинка’, *менги* ‘родинка=его’, *јун* ‘перья’, *јенге* ‘жена старшего брата’. По результатам ЭПГ, звук реализуется в велярной области, так как замыкание зафиксировано в контактном ряду 1, при этом носит вариативный характер, т.е. основная зона артикуляции приходится даже на более глубокую зону, чем позиция установки искусственного нёба. Дентально-альвеолярный индекс равен 2,01 с разбросом 0–4; палатальный 3,97 с разбросом 2–7; велярный – 8,46 с разбросом 7–13.

По данным УЗИ, для звука [ɲ] ([ɲ]) характерен контур с подъемом задней части спинки языка. Максимальное сужение сосредоточено в зоне 15–22, максимальный подъем имеет значение 63,24 тыс. единиц с разбросом 61–65 тыс. единиц.

Аллофон [ŋ] ([N]) является реализацией фонемы /ŋ/ в твёрдорядных слофовормах и записан в лексемах *janгы* ‘новый’, *мангы* ‘галоп=его’, *тан* ‘рассвет’. По данным ЭПГ, замыкание контактов палатографа имеет маргинальный характер и наблюдается только в боковых рядах, что обусловлено частичным задеванием краями языка верхних зубов. Непосредственно фокус артикуляции находится глубже позиции постановки искусственного нёба. Таким образом, аллофон отличается наименьшим значением всех индексов: дентальный равен 2,86; палатальный – 4,42; велярный – 5,52 с минимальным разбросом.

По данным УЗИ, звук [ŋ] ([N]) отличается менее высоким подъемом задней части спинки языка, чем для [n] ([ŋ]), и оттягиванием корня языка назад к задней стенке фаринкса. Максимальное сужение находится в зоне точек 23–25, при этом наивысший подъем равен 60 тыс. единиц с разбросом 57–62 тыс. единиц.

### Выводы

Исследование показывает, что методы УЗИ и ЭПГ могут использоваться как взаимодополняющие. Метод ЭПГ, так же как и его предшественники (палатографирование и дентопалатографирование), больше подходит для описания согласных артикуляций и позволяет определить тип звука (смычный / щелинный), место контакта и дополнительные настройки (например, выявить сагиттальный прогиб спинки языка). Метод УЗИ, напротив, не дает качественной картины нёба, но позволяет оценить конфигурацию активного артикулятора – языка. При этом данные ЭПГ могут быть чётко привязаны к артикуляционным органам информанта, поскольку точки контакта носят материальный характер. Материалы УЗИ не привязаны к конкретным материальным точкам, а ориентированы в условном координатном пространстве. Таким образом, два метода компенсируют ограничения друг друга и помогают построить комплексную модель артикуляции.

Введение различных метрик позволяет разграничить зоны реализации аллофонов. Прежде всего, дентально-альвеолярный индекс дифференцирует, с одной стороны, переднеязычные и среднеязычные, имеющие значительную площадь дентально-альвеолярного контакта, от заднеязычных. Палатальный индекс позволяет противопоставить среднеязычные согласные и все остальные из-за особенностей конфигурации области контакта языка и нёба и, хотя и менее четко, отделить переднеязычные от заднеязычных. Велярный индекс разграничивает велярные и увулярные реализации заднеязычной фонемы.

При анализе результатов УЗИ показательным оказывается параметр точки наибольшего сужения, который различает палатализованные, палатальные, велярные (или веляризованные) и увулярные звуки. Однако этот параметр недостаточен для определения характера зубного [n], поскольку из-за его веляризованного характера и ограничения зоны обзора прибора,

реализации звука совпадают либо с палатализованным [n'] ([nʲ]), либо с велярно-увулярным [ŋ] ([ŋ]). Дополнительный параметр – величина наивысшего подъема языка – позволяет разграничить, во-первых, переднеязычный [n], отличающийся незначительным подъемом; во-вторых, оттенки [n'] ([nʲ]) и [ŋ] ([ŋ]), имеющие подъем соответственно в передней и задней частях спинки, и, в-третьих, оттенки [ŋ] и [n] ([ŋ]), для которых такой подъем максимален.

Обобщая, можно дать следующую лингвистическую интерпретацию выявленных аллофонов:

[n] – переднеязычный дентально-альвеолярный носовой согласный, образуется смыканием передней части спинки языка с верхними резцами и гребнем альвеол, задняя часть спинки языка при этом незначительно поднимается к мягкому нёбу, что свидетельствует о веляризованности настройки;

[n'] ([nʲ]) – переднеязычный дентально-альвеолярный палатализованный носовой согласный, основной фокус артикуляции образуется смыканием кончика и передней части спинки языка с верхними резцами и альвеолами, средняя часть спинки языка дополнительно поднимается к твёрдому нёбу, обуславливая палатализованность звука;

[ŋ] – среднеязычный средненёбный носовой согласный, основной фокус артикуляции образуется смыканием передне-средней части спинки языка с передне-средней частью твёрдого нёба;

[ŋ] ([ŋ]) – межзубноязычный задненёбный носовой согласный, основной фокус артикуляции образуется подъемом межзубной и задней частей спинки языка к границе твёрдого и мягкого нёба;

[ŋ] ([ŋ]) – заднеязычный увулярный носовой согласный, основной фокус артикуляции образуется подъемом и оттягиванием задней части спинки языка к мягкому нёбу.

М.Ч. Чумакаева выделяет три язычные носовые согласные фонемы /n/, /nʲ/, /ŋ/. Артикуляторные характеристики звуков, описанные автором, в целом совпадают с нашими экспериментальными данными. Современные методы позволяют оценить разброс значений выборки, рассмотреть звуки в потоке речи, учесть разные статистические параметры.

Для адекватной интерпретации получаемых данных экспериментатор должен иметь четкое представление об артикуляторных процессах. Рассмотренные методы не являются исчерпывающими и должны дополняться другими данными.

#### Список источников

1. Чумакаева М.Ч. Согласные алтайского языка (на основе экспериментально-фонетических исследований). Горно-Алтайск : Алт. кн. изд-во, 1978. 234 с.
2. Зиндер Л.Р. Общая фонетика : учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Высшая школа, 1979. 312 с.
3. Кодзасов С.В., Кривнова О.Ф. Общая фонетика : учеб. М. : Рос. гос. гуманит. ун-т, 2001. 590 с.

4. *Gibbon F., Nicolaidis K.* Palatography // Coarticulation: Data, theory and techniques / eds. by William Hardcastle and Nigel Hewlett. Cambridge : Cambridge University Press, 1999. P. 229–245.
5. *Abercrombie D.* Direct Palatography // STUF-Lang. Typol. Univ. 1957. Vol. 10. P. 21–25.
6. *Palmer J.M.* Dynamic Palatography // *Phonetica*. 1973. Vol. 28. P. 76–85.
7. *Наделяев В.М.* Палатографирование: Методические заметки // Фонетика языков Сибири. Новосибирск, 1984. С. 3–38.
8. *Кузьмин Ю.И.* Динамическая палатография // Вопросы психологии. 1963. № 1. С. 137–142.
9. *Sierhej A., Verhoeven J., Miller N.R., Reyes-Aldasoro C.C.* Optimisation strategies for the registration of Computed Tomography images of electropalatography // bioRxiv. 2020.
10. *Verhoeven J., Miller N., Daems L., Reyes-Aldasoro C.* Visualisation and Analysis of Speech Production with Electropalatography // *Journal of Imaging*. 2019. Vol. 5. P. 1–16.
11. *Kelsey C., Woodhouse R., Minifie F.* Ultrasonic observations of coarticulation in the pharynx // *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1969. Vol. 46 (4). P. 1016–1018.
12. *Skolnick M., Zagzebski J., Watkin K.* Two dimensional ultrasonic demonstration of lateral pharyngeal wall movement in real time – a preliminary report // *Cleft Palate Journal*. 1975. Vol. 12. P. 299–303.
13. *Zagzebski J.* Ultrasonic measurement of lateral pharyngeal wall motion at two levels in the vocal tract // *Journal of Speech and Hearing Research*. 1975. Vol. 18. P. 308–318.
14. *Gick B., Bernhardt B., Bacsfalvi P., Wilson Ian.* Ultrasound imaging applications in second language acquisition. Chapter 11 // *State-of-the-Art Issues in Second Language Phonology* / eds. by J. Hansen, M. Zampini. Cambridge : Cambridge University Press, 2008. P. 309–322.
15. *Electropalatography*. URL: <https://icspeech.com/electropalatography.html> (дата обращения: 06.03.2023).
16. *McMillan C., Corley M.* Cascading influences on the production of speech: Evidence from articulation // *Cognition*. 2010. Vol. 117. P. 243–260.
17. *Tabain M., Beare R.* An EPG and EMA study of apicals in stressed and unstressed position in Arrernte // *International Congress of Phonetic Sciences*. Glasgow : Scotland, 2015.
18. *Boersma P., Weenink D.* Praat: doing phonetics by computer. URL: <https://www.fon.hum.uva.nl/praat/> (дата обращения: 06.03.2023).
19. *The R Project for Statistical Computing*. URL: <https://www.r-project.org/> (дата обращения: 06.03.2023).
20. *Ultrasound Intraoral Imaging*. URL: <http://www.articulateinstruments.com/ultrasound-imaging/> (дата обращения: 06.03.2023).
21. *Articulate instruments LTD*. URL: <http://www.articulateinstruments.com/downloads/> (дата обращения: 06.03.2023).
22. *Тимкин Т.В.* Гласные первого слога сургутского диалекта хантыйского языка по данным ультразвукового исследования // *Сибирский филологический журнал*. 2022. № 3. С. 196–211.
23. *Уртегешев Н.С., Селютина И.Я., Добринина А.А., Рыжикова Т.Р.* Фонетические трансформации в аналитических формах тюркского глагола. Новосибирск : Академиздат, 2021. 252 с.
24. *Full IPA Chart*. URL: <https://www.internationalphoneticassociation.org/content/full-ipa-chart> (дата обращения: 06.03.2023).

## References

1. Chumakaeva, M.Ch. (1978) *Soglasnye altayskogo yazyka (na osnove eksperimental'no-foneticheskikh issledovaniy)* [Consonants of the Altai Language (Based on experimental phonetic studies)]. Gorno-Altaysk: Altayskoe kn. izd-vo.

2. Zinder, L.R. (1979) *Obshchaya fonetika* [General Phonetics]. 2nd ed. Moscow: Vysshaya shkola.
3. Kodzasov, S.V. & Krivnova, O.F. (2001) *Obshchaya fonetika* [General Phonetics]. Moscow: Russian State University for the Humanities.
4. Gibbon, F. & Nicolaidis, K. (1999) Palatography. In: Hardcastle, W. & Hewlett, N. (eds) *Coarticulation: Data, theory and techniques*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 229–245.
5. Abercrombie, D. (1957) Direct Palatography. *STUF – Language Typology and Universals*. 10. pp. 21–25.
6. Palmer, J.M. (1973) Dynamic Palatography. *Phonetica*. 28. pp. 76–85.
7. Nadelyaev, V.M. (1984) Palatografirovanie. Metodicheskie zametki [Palatography. Methodological notes]. In: *Fonetika yazykov Sibiri* [Phonetics of the Languages of Siberia]. Novosibirsk: Nauka. pp. 3–38.
8. Kuz'min, Yu.I. (1963) Dinamicheskaya palatografiya [Dynamic palatography]. *Voprosy psikhologii*. 1. pp. 137–142.
9. Sierhej, A. et al. (2020) Optimisation strategies for the registration of Computed Tomography images of electropalatography. *bioRxiv*. DOI: 10.1101/2020.04.02.022137
10. Verhoeven, J. et al. (2019) Visualisation and Analysis of Speech Production with Electropalatography. *Journal of Imaging*. 5. pp. 1–16.
11. Kelsey, C., Woodhouse, R. & Minifie, F. (1969) Ultrasonic observations of coarticulation in the pharynx. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 4 (46). pp. 1016–1018.
12. Skolnick, M., Zagzebski, J. & Watkin, K. (1975) Two dimensional ultrasonic demonstration of lateral pharyngeal wall movement in real time – a preliminary report. *Cleft Palate Journal*. 12. pp. 299–303.
13. Zagzebski, J. (1975) Ultrasonic measurement of lateral pharyngeal wall motion at two levels in the vocal tract. *Journal of Speech and Hearing Research*. 18. pp. 308–318.
14. Gick, B. et al. (2008) Ultrasound imaging applications in second language acquisition. Chapter 11. In: Hansen, J. & Zampini, M. (eds) *State-of-the-Art Issues in Second Language Phonology*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 309–322.
15. *Electropalatography*. (n.d.) [Online] Available from: <https://icspeech.com/electropalatography.html> (Accessed: 06.03.2023).
16. McMillan, C. & Corley, M. (2010) Cascading influences on the production of speech: Evidence from articulation. *Cognition*. 117. pp. 243–260.
17. Tabain, M. & Beare, R. (2015) An EPG and EMA study of apicals in stressed and unstressed position in Arrernte. *Proceedings of the 18th International Congress of Phonetic Sciences*. Glasgow. 10–14 August 2015. Glasgow: Scotland.
18. Boersma, P. & Weenink, D. Praat: doing phonetics by computer. [Online] Available from: <https://www.fon.hum.uva.nl/praat/> (Accessed: 06.03.2023).
19. *The R Project for Statistical Computing*. (n.d.) [Online] Available from: <https://www.r-project.org/> (Accessed: 06.03.2023).
20. Articulate Instruments. (n.d.) *Ultrasound Intraoral Imaging*. [Online] Available from: <http://www.articulateinstruments.com/ultrasound-imaging/> (Accessed: 06.03.2023).
21. *Articulate instruments*. (n.d.) [Online] Available from: <http://www.articulateinstruments.com/downloads/> (Accessed: 06.03.2023).
22. Timkin, T.V. (2022) Glasnye pervogo sloga surgutskogo dialekta khantyyskogo yazyka po dannym ul'trazvukovogo issledovaniya. *Sibirskiy filologicheskii zhurnal*. 3. pp. 196–211.
23. Urtegeshev, N.S. et al. (2021) *Foneticheskie transformatsii v analiticheskikh formakh tyurkskogo glagola* [Phonetic Transformations in Analytical Forms of the Turkic Verb]. Novosibirsk: Akademizdat.
24. *Full IPA Chart*. (n.d.) [Online] Available from: <https://www.internationalphoneticassociation.org/content/full-ipa-chart> (Accessed: 06.03.2023).

***Информация об авторах:***

**Рыжикова Т.Р.** – канд. филол. наук, старший научный сотрудник Лаборатории вербальных культур Сибири и Дальнего Востока Института филологии СО РАН (Новосибирск, Россия). E-mail: tanya12@mail.ru

**Тимкин Т.В.** – канд. филол. наук, Научный сотрудник Лаборатории вербальных культур Сибири и Дальнего Востока Института филологии СО РАН (Новосибирск, Россия). E-mail: ttimkin@yandex.ru

**Добрынина А.А.** – старший научный сотрудник Лаборатории экспериментально-фонетических исследований Института филологии СО РАН (Новосибирск, Россия). E-mail: ekinur@mail.ru

***Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.***

***Information about the authors:***

**T.R. Ryzhikova**, Cand. Sci. (Philology), senior research fellow, Institute of Philology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: tanya12@mail.ru

**T.V. Timkin**, Cand. Sci. (Philology), research fellow, Institute of Philology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: ttimkin@yandex.ru

**A.A. Dobrynina**, senior research fellow, Institute of Philology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: ekinur@mail.ru

***The authors declare no conflicts of interests.***

*Статья поступила в редакцию 11.05.2023;  
одобрена после рецензирования 05.03.2024; принята к публикации 25.03.2024.*

*The article was submitted 11.05.2023;  
approved after reviewing 05.03.2024; accepted for publication 25.03.2024.*